



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **05251811 A**(43) Date of publication of application: **28.09.93**

(51) Int. Cl.

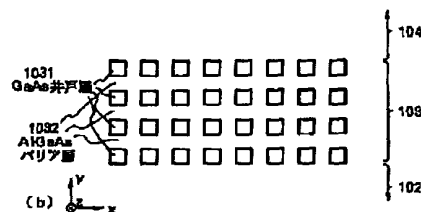
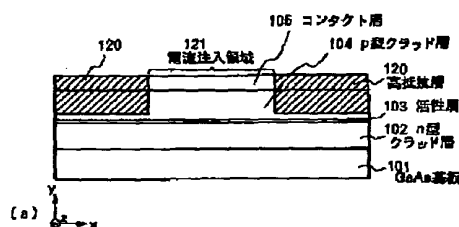
**H01S 3/18**(21) Application number: **04039941**(71) Applicant: **NEC CORP**(22) Date of filing: **27.02.92**(72) Inventor: **SUGIMOTO YOSHIMASA**(54) **SEMICONDUCTOR LASER**

COPYRIGHT: (C)1993,JPO&amp;Japio

(57) Abstract:

**PURPOSE:** To manufacture a single longitudinal mode semiconductor laser oscillated by a low threshold value current having the least chirping effect by a method wherein the first material is to be periodically advanced in the advancement direction of light in almost the same period as that of a natural multiple of a half photowave length in an element.

**CONSTITUTION:** Firstly, an n-AlGaAs clad layer 102 and an active layer 103 having multiquantum well structures are grown on an n-type GaAs substrate 101 using a molecular beam epitaxial(MBE) process. Next, this substrate 101 with multiquantum wells is processed into a GaAs well layers 1031 in rectangular parallelopiped shape in X-, Y-, Z-directions. This parallelopiped is to be a quantum case. Next, a p-type AlGaAs layer 104, a p-type GaAs contact layer 103 are grown using a gas source MBE process. At this time, the quantum case 1031 is to be encircled by barrier layers 1032. Later, protons are implanted so that a current may be injected only into the part where the quantum case 1031 is located to form a high resistant part 120.



(19)日本国特許庁(J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-251811

(43)公開日 平成 5 年(1993) 9 月28日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

H 0 1 S 3/18

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平4-39941

(22)出願日 平成 4 年(1992) 2 月27日

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目 7 番 1 号

(72)発明者 杉本 喜正

東京都港区芝五丁目 7 番 1 号日本電気株式  
会社内

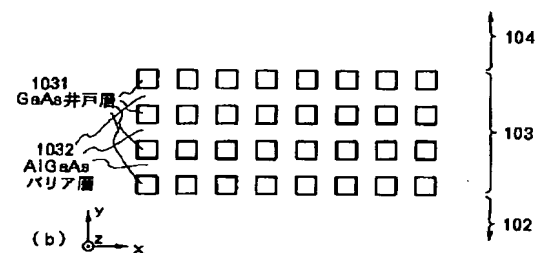
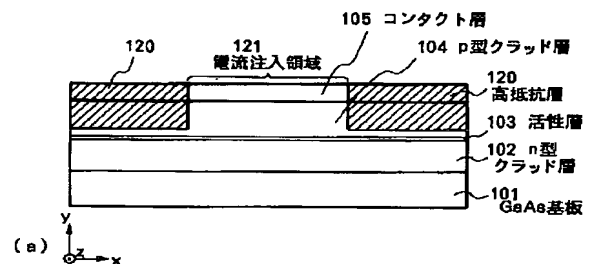
(74)代理人 弁理士 京本 直樹 (外 2 名)

(54)【発明の名称】 半導体レーザ

(57)【要約】 (修正有)

【目的】 半導体レーザ素子において、量子細線や量子箱を周期的に分布させる事により、効率良く単一モード発振する半導体レーザを提供することにある。

【構成】 量子箱 1 0 3 を半導体レーザの活性層中に形成する。その量子箱が光の進行方向に素子内の光の波長の半分の自然数倍と同程度の周期で周期的に分布していることを特徴とする。



I

2

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光を発する第1半導体層とその両側に位置し、第1層より禁制帯幅が大きく、屈折率の小さい第2層と第3層を有し、かつ第2層と第3層は互いに逆の導電型を示す半導体レーザにおいて、第1層は電子のド・ブROI波長と同程度以下の大きさの第1の物質と、そのまわりを囲む第1の物質より禁制帯幅の大きい第2の物質からなり、この第1の物質が光の進行方向に、素子内の光の波長の半分の自然数倍と同程度の周期で周期的に分布していることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項2】 光を発する第1層とその両側に位置し、第1層より禁制帯幅が大きく、屈折率の小さい第2層と第3層を有し、かつ第2層と第3層は互いに逆の導電型を示す半導体レーザにおいて、第1層は電子のド・ブROI波長と同程度以下の断面形状を持つ線状の第1の物質と、そのまわりを囲む第1の物質より禁制帯幅の大きい第2の物質からなり、その第1の物質が光の進行方向に素子内の光の波長の半分の自然数倍と同程度の周期で周期的に分布していることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項3】 レーザ発光の寄与するべき、第1の物質の大きさが素子内で全て同程度であることを特徴とする請求項1または2記載の半導体レーザ。

【請求項4】 第1の物質の分布周期と分布形状を、発振レーザ光と第1の物質との空間的重なりを極大とすべく、設計されたことを特徴とする請求項1または2または3記載の半導体レーザ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は半導体レーザに関し、特に量子細線や量子箱を周期的に分布させることにより、効率良く単一モード発振を実現することを可能にする半導体レーザに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 現在、半導体レーザは光通信や光計測用の光源として幅広く利用されており、近い将来には電子計算機間やIC間の信号伝送用光源としてもその応用分野は拡大するものと予想される。このような状況下において、半導体レーザにはより良い可干渉性や単色性が望まれるようになってきている。今日、このような要求を満足すべく、波長1 $\mu$ m帯の素子や700～800nm帯の素子において、光学グレーティングを素子内部に作り込んだレーザが盛んに研究されている。（例えば、アイイーイージャーナル・オブ・カンタム・エレクトロニクス（IEEE Journal of Quantum Electronics）vol. QE-17, No. 5, p. 651（1981））。これらの素子としては分布帰還型レーザ（DFB-LD）や分布反射型レーザ（DBR-LD）が挙げられる。ここに、従来例としてDFB-LDの断面構造図を図4に示す。図4（a）は導波方向断面構造、図4（b）はその垂直断

面構造、図4（C）は図4（a）の部分拡大図である。この従来例素子は以下のようにして作製される。

【0003】 まず、n型（001）面InP基板201上にn型InPクラッド層202を厚さ0.5 $\mu$ m、In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As<sub>y</sub>P<sub>1-y</sub>活性層203を0.11 $\mu$ m、p-In<sub>u</sub>Ga<sub>1-u</sub>As<sub>v</sub>P<sub>1-v</sub>光ガイド層204を0.2 $\mu$ m連続的に成長させる。（ただし、0<x<1, 0<y<1, 0<u<1, 0<v<1, x<u, y>v）このときの結晶成長方法としては有機金属気相エピタキシャル（OM-VEPE）方を用いた。次にp型光ガイド層204上にHe-Cdレーザを用いた二光束干渉法により、周期： $\Lambda$ 、約200nmのレジストパターンを形成し、エッチングの手法を用いて、深さ約0.15 $\mu$ mのグレーティング250を作製する。このグレーティング250は発振レーザ光の導波方向と垂直となるべく設定した。また、素子の中央部に位置する付近には、グレーティング250の周期が1/4周期分だけシフトした部分図2（C）の251を設けてある。この1/4周期シフト部251は、単一縦モード発振を得ることを目的としている。一般に1/4周期シフト部を設けないDFB-LDは、ストップバンドと呼ばれるモードの存在しない領域の両側の対称な2本の縦モードが発振することが知られている。その状態は素子端面がグレーティング250のどの部分に存在するかによって変化し、制御することはほぼ不可能に近い。この現象を避けるためには他に2～3の方法も提案されているが、作製方法の簡易性より1/4周期シフトの方法を適用する場合が多い。

【0004】 次に、グレーティング250付きの基板上にガスソース分子線エピタキシャル（GSMBE）法を用いて、p型InPクラッド層205（1.2 $\mu$ m厚）、p<sup>+</sup>型In<sub>p</sub>Ga<sub>1-p</sub>As<sub>q</sub>P<sub>1-q</sub>コンタクト層206を成長させる。続いて、導波方向に幅2.5 $\mu$ mのメサ230を通常のホトリソグラフィ技術とエッチング技術を用いて形成し、最後に電流をメサ230部に閉じ込めるためメサ部の両側に、n型In<sub>p</sub>Ga<sub>1-p</sub>As<sub>q</sub>P<sub>1-q</sub>層207、p型InP層208、n型InP層209、p型In<sub>p</sub>Ga<sub>1-p</sub>As<sub>q</sub>P<sub>1-q</sub>層210でなる一連の電流ブロック層を液相成長（LPE）法により成長させた。

【0005】 このようにして作製されたウエハーの裏表にオーミック電極を形成した後、劈開とスクライブにより素子を切り出した。素子の長さは約250 $\mu$ mとした。このとき、ファブリーペロー（Fabry-Perot）モードの抑圧と効率のよい光の取り出しのため、後端面220には誘電体多層膜を、前端面即ち、光出取面221には誘電体単層膜を蒸着し、それぞれの反射率は96%と0.05%に制御した。この素子をインジウムにより、銅の熱放散ブロックにマウントし使用した。本素子の動作特性をまとめると以下になった。

## 【0006】

しきい値電流； $I_{th} = 25 \text{ mA}$  ( $T = 25^\circ\text{C}$ )  
 発振スペクトルの温度依存性； $\sim 0.8 \text{ A}/^\circ\text{C}$ 、Aはオングストローム  
 $5 \text{ Gbit/s}$  変調時のスペクトル幅； $\sim 2 \text{ A}$   
 幅モードの抑圧比； $-32 \text{ dB}$  (CW時)

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】 上述のように従来の技術により、高速変調時においても単色性可干渉性の比較的良好な半導体レーザ素子は作製可能となってきた。しかし、従来の素子をより高速、より高性能のシステムに適用しようとする場合、次のような問題点が生ずる。

(1) しきい値電流が大きい。

(2) 高速変調時にチャーピング (chirping) 効果によりスペクトル幅が広がる。

(3) グレーティングが活性層から少し離れた所にあるため、光波との結合をある程度以上は大きくできない。

【0008】 本発明の目的は上記の問題点を解決し、低しきい値電流で発振し、かつチャーピング効果の少ない単一縦モード半導体レーザを提供することにある。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】 本発明は、二重異種接合を有する半導体レーザにおいて、その活性層が2次元または3次元方向の長さが電子のトポロイ波長と同程度以下の第1の物質とそのまわりを囲む第1の物質より禁制帯幅の大きい第2の物質からなり、この第1の物質は均一な大きさのものが複数存在し、その光導波路内の光進行方向への分布がレーザ光の導波路内波長の半分の自然数倍と同程度の周期で周期的であることを特徴とする構成となっている。

【0010】 また、この第1の物質の分布周期と分布形状を、レーザ光と利得の結合を極大になるように設計することも重要な点である。

## 【0011】

【実施例】 次に本発明の実施例を説明することにより、より詳細な発明の内容を明らかにしていく。

【0012】 まず、図1に一実施例の素子の構造を示す。図1(a)は断面模式図、(b)は活性層の断面を示す図である。以下に本実施例素子の作製手順について述べる。まず、n型GaAs基板101上に厚さ $1.0 \mu\text{m}$ のn-Al<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>Asグラッド層102と無添加の多重量子井戸構造をもつGaAs/Al<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>As層103を分子線エピタキシャル(MBE)法を用いて成長させる。ここでの多重量子井戸構造はGaAs井戸層1031の厚さを $10 \text{ nm}$ 、Al<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>Asバリア層1032の厚さを $10 \text{ nm}$ とし、4層の井戸層1031と3層のバリア層1032からなるようにした。

【0013】 次にこの多重量子井戸層付きの基板を電子

ビーム (EB) とエッチングガス (ここでは塩素ガス) を組み合わせたエッチングにより図2(b)に示すような、X方向、 $\sim 100 \text{ nm}$ 、Y方向 (井戸層の成長層厚)  $10 \text{ nm}$ 、Z方向 $10 \text{ nm}$ の直方体形状にGaAs井戸層1031を加工する。この直方体が量子箱となるわけである。このとき、エッチングは最下部の井戸層も貫通するように制御した。また、この制御にはエッチング生成される分子を四重極質量分析器を用いて分析し、そのAlを含む分子の出現の回数を利用した。図2

(a)は量子箱のZ方向への分布を示す図、図2(b)は活性層の面内分布を示す図である。図2(b)より分かるように、このときの量子箱のZ方向への分布は図2(a)に示したような周期 $120 \text{ nm}$ の正弦波形状を成している。また、X方向には光導波路となるべき部分121の近接する両側にはこの量子箱は存在しないように、GaAs井戸層1031を全てエッチングした。

【0014】 次に、このエッチングを施した基板上にガスソースMBE法を用いてp型Al<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>Asクラッド層104を約 $1.0 \mu\text{m}$ 、p型GaAsコンタクト105を $0.5 \mu\text{m}$ をそれぞれ成長させる。このときエッチングにより形成された量子箱1031はまわりをAl<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>Asの層 (バリア層1032) により取り囲まれる形となるわけである。その後、この量子箱1031の存在する部分だけに電流が注入されるように、プロトン注入を行い高抵抗部120を図1(a)に示すように形成した。このとき、プロトン注入の深さは約 $1.2 \mu\text{m}$ とし、活性層103の直上 $0.3 \mu\text{m}$ 相当の部分まで高抵抗となり、効率良く電流が量子箱に注入されるように制御した。

【0015】 このようにして作製したウエハの両面にオーミック電極を形成し、劈開により素子を切り出した。素子の端面は従来例と同様に後面の反射率は高く、前面の反射率はほぼ0に等しくなるように制御した。また素子の長さは約 $100 \mu\text{m}$ とした。

【0016】 次に本実施例による半導体レーザの特性について述べる。図3(a)に電流-光出力特性図、図3(b)に縦モードスペクトル図を示す。主な特性をまとめると、以下ようになる。

## 【0017】

しきい値電流； $I_{th} = 7 \text{ mA}$  ( $T = 25^\circ\text{C}$ )  
 発振スペクトルの温度依存性； $\sim 0.8 \text{ A}/^\circ\text{C}$  (Aはオングストローム)  
 $10 \text{ Gbit/s}$  変調時のスペクトル幅； $\sim 0.5 \text{ A}$   
 幅モードの抑圧しき； $-40 \text{ dB}$  以上 (CW時)

## 【0018】

【発明の効果】 このように、本発明により、低しきい値電流で単色性 (可干渉性) の良く、高速変調時のスペクトル広がりの少ない半導体レーザが作製できた。これは、本発明においては周期構造自体が活性層内部にあ

5

り、光波との結合が強いことや、従来例の反射を応用したのではなく、発光を応用した構造であり、導波路内部での屈折率の微小変動による影響を受けにくいことによるものである。このような利点の他に、大きな特徴としては、従来例ではどうしても必要であった $1/4$ 周期シフトなどによる波長単一化構造を除去することができるという点が挙げられる。これは利得媒体であるところの量子箱1031が図1(a)のように、発振波長の $1/2$ の周期分布をなしていることにより、量子箱1031の分布の極大部と導波路内発振光の定常波の腹の部分とが一致する現象の結果である。このため量子箱のサイズ及びそのまわりの物質の禁制帯幅は、量子箱からの発光波長の $1/2$ と量子箱の分布周期がほぼ一致するように選ばなければならない。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による半導体レーザを説明するための図で(a)は断面模式図、(b)は活性層の断面を示す図である。

【図2】本発明による半導体レーザを説明するための図で、(a)は量子箱のZ方向への分布を示す図で、(b)は活性層の面内分布を示す図である。

【図3】本発明による半導体レーザを説明するための図で、(a)は光出力-電流特性を示す図、(b)は発光スペクトルを示す図である。

【図4】従来のDFB半導体レーザを説明するための図で、(a)は導波方向での断面構造を示す図、(b)は

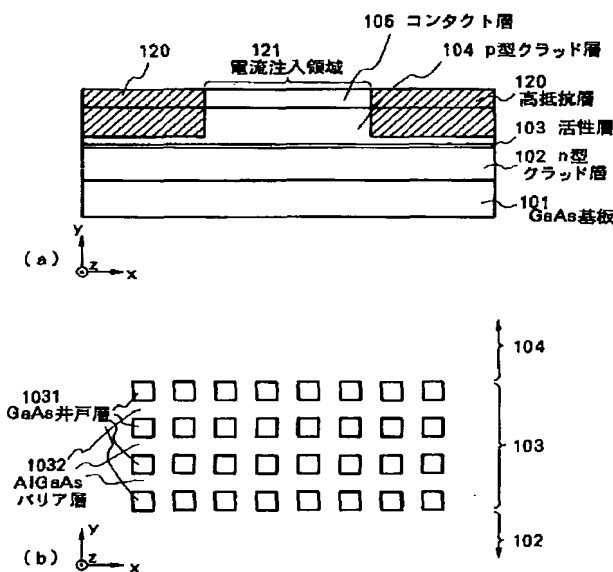
6

それに垂直な方向の断面を示す図、(c)は(a)の一部の拡大図である。

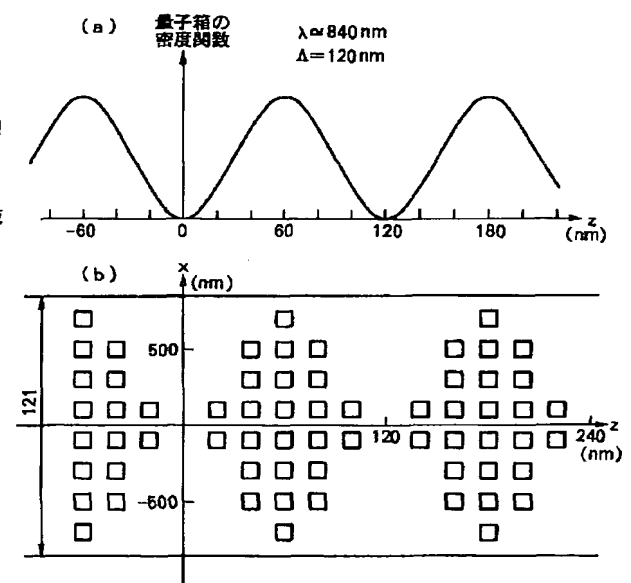
#### 【符号の説明】

- 101 n型GaAs基板
- 102 n型AlGaAsクラッド層
- 103 多重量子井戸活性層
- 104 p型AlGaAsクラッド層
- 105 p型GaAsコンタクト層
- 120 高抵抗部
- 121 電流注入領域
- 1031 GaAs井戸層
- 1032 AlGaAsバリア層
- 201 InP基板
- 202 n型InPクラッド層
- 203 InGaAsP活性層
- 206 p型InGaAsPコンタクト層
- 250 グレーティング
- 251  $1/4$ 周期シフト
- 220 光反射後端面
- 221 光出射面
- 207 n型InGaAsP層
- 208 p型InP層
- 209 n型InP層
- 210 p型InGaAsP層
- 230 メサ

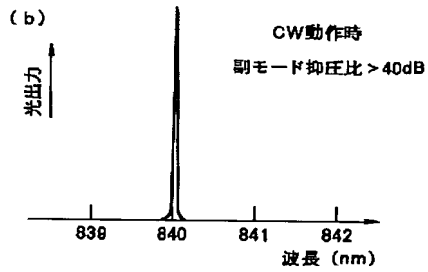
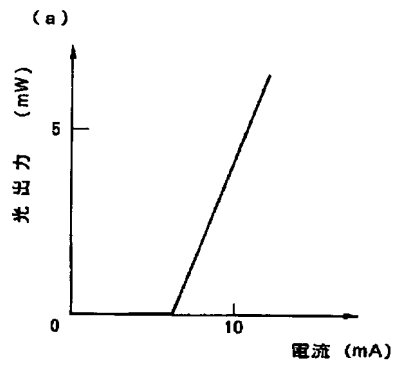
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

